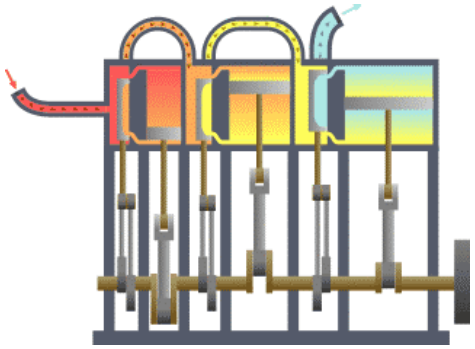
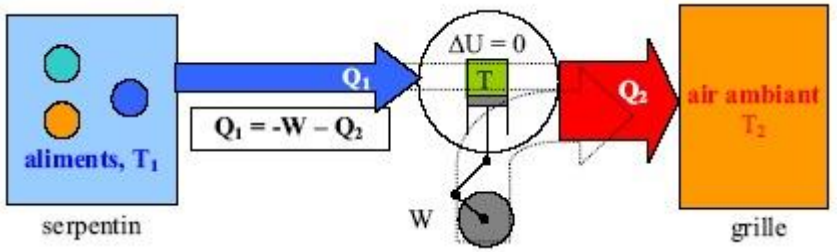
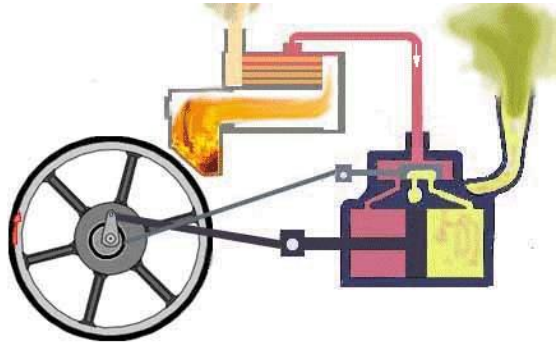
Elément de module

Thermodynamique







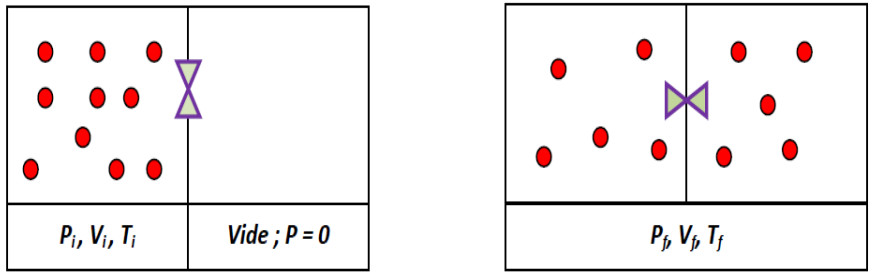
CP2 : 2020 / 2021

Pr Souad El Khattabi
ENSA - Fes

Deuxième principe de la thermodynamique

Le premier principe de la thermodynamique permet de trouver la variation de l'énergie d'un système, mais ne permet pas de prévoir le sens de l'évolution d'une transformation et de distinguer les transformations réversibles et irréversibles :

- Un corps froid se réchauffe toujours au contact d'un corps chaud et non l'inverse.
- Après la détente d'un gaz, il est impossible de voir que les molécules reviennent au compartiment de départ toutes seules. Une telle situation ne se produira jamais.

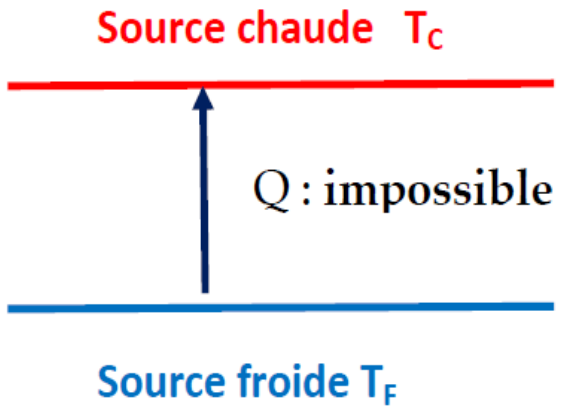


- Un morceau de glace fond dans un verre d'eau. L'inverse ne peut pas se réaliser.

Les constatations précédentes montrent qu'il est nécessaire de caractériser le sens d'une évolution et de rendre compte de son caractère irréversible. C'est l'objectif du deuxième principe de la thermodynamique.

Deuxième principe

1/ Enoncé de Clausius



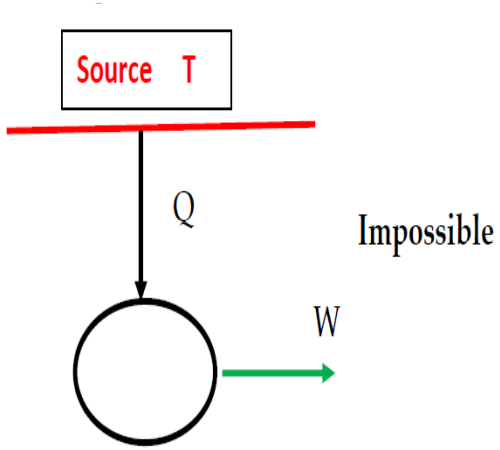
Une quantité de chaleur ne peut jamais être transférée spontanément

d'une source froide vers une source chaude.

Cela revient `a dire que le passage de la chaleur d'un corps froid `

à un corps chaud ne peut se faire sans d´épenser de l'énergie.

2/ Enoncé de Kelvin



Il est impossible de prélever une quantité de chaleur Q d'une

source d'énergie et de la transformer intégralement en travail.

Ctd: Dans un cycle monotherme : $\Delta W < 0$, $\Delta Q > 0$ impossible

Deuxième principe de la thermodynamique

Pour toute transformation thermodynamique, évoluant d'un *état initial i* à un *état final f,* il existe une fonction d'état extensive S appelée **fonction entropie**.

La variation élémentaire de l'entropie d'un système au cours d'une transformation réversible est :

$$dS = \frac{\delta Q_{rév}}{T} \qquad \text{J/K}$$

Dans le cas d'une transformation irréversible, $dS > \frac{\delta Q_{rév}}{T}$.

Dans le cas d'une transformation réversible on a :

$$dS = \frac{\delta Q_{rév}}{\mathrm{T}}$$

On en déduit que :

$$dU = \delta Q + \delta W = TdS - PdV$$

Et

$$dH = dU + d(PV) = TdS + VdP$$

Variation d'entropie pour un gaz parfait

a/Transformation adiabatique réversible

Dans le cas d'une transformation réversible adiabatique,

$$\delta Q = 0 \quad \text{et} \quad dS = 0 \quad \text{et} \quad \text{S=cte}$$

Une transformation adiabatique réversible est une transformation isentropique ou l'entropie S garde une valeur constante.

b/Transformation isotherme réversible

$$dU = \delta Q + \delta W \quad \Longrightarrow \quad \delta Q = dU + PdV$$

Le gaz est parfait, alors :

$\delta Q = C_V dT + PdV$, or : Transformation isotherme dT =0

$$\Rightarrow \qquad dS = \frac{\delta Q}{T} = \frac{PdV}{T} = \frac{RdV}{V}$$

$$\Rightarrow \quad \Delta S = \int_i^f \frac{\delta Q}{T} = \int_i^f \frac{RdV}{V} = RLn\frac{V_f}{V_i}$$

c/Transformation isochore réversible

$$dS = \frac{\delta Q}{T} = \frac{C_V dT}{T} + \frac{P dV}{T}$$

$$dV = 0 \quad \Rightarrow \quad dS = \frac{C_V dT}{T}$$

Et :

$$\Delta S = \int_i^f \frac{\delta Q}{T} = C_V \int_i^f \frac{dT}{T} = C_V Ln \frac{T_f}{T_i}$$

d/Transformation isobare réversible

$$dS = \frac{\delta Q}{T} = \frac{C_P dT}{T} + \frac{h dP}{T}$$

$$dP = 0 \quad \Longrightarrow \quad dS = \frac{C_P dT}{T}$$

Et :

$$\Delta S = \int_i^f \frac{\delta Q}{T} = C_P \int_i^f \frac{dT}{T} = C_P Ln \frac{T_f}{T_i}$$

Exercice:

Exprimer la variation élémentaire d'entropie d'un gaz parfait, en fonction des variables indépendantes T et V.

En déduire la variation d'entropie d'une mole de gaz parfait, lorsqu'on triple simultanément la température initiale et le volume initiale du gaz.

On donne : $R = 8{,}31\ J.K^{-1}mol^{-1}$ et $\gamma = 7/5$

Exercice :

Un récipient fermé par un piston mobile renferme 2 g d'hélium (gaz parfait monoatomique) dans les conditions (P1, V1). On opère une compression adiabatique de façon réversible qui amène le gaz dans les conditions (P2, V2). Sachant que P_1=1 bar ; V_1 = 10L ; P_2 = 3 bar. Déterminer :

a) - le volume final V2,

b) - le travail échangé par le gaz avec le milieu extérieur,

c) - la variation d'énergie interne du gaz,

d) - déduire la variation de température du gaz sans calculer sa température initiale.

On donne : γ= Cp/Cv = 5/3, R = 8,31 $J.K^{-1}$. mol^{-1}.